

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-33110

(P2002-33110A)

(43)公開日 平成14年1月31日(2002.1.31)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 M 8/04
8/10

識別記号

F I

H 0 1 M 8/04
8/10

テームト*(参考)

A 5 H 0 2 6
5 H 0 2 7

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2000-217011(P2000-217011)

(22)出願日 平成12年7月18日(2000.7.18)

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 小林 知樹

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社
本田技術研究所内

(72)発明者 樋谷 芳雄

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社
本田技術研究所内

(74)代理人 100064414

弁理士 磯野 道造

Fターム(参考) 5H026 AA06

5H027 AA06 BA13 BA19 BC14 DD00

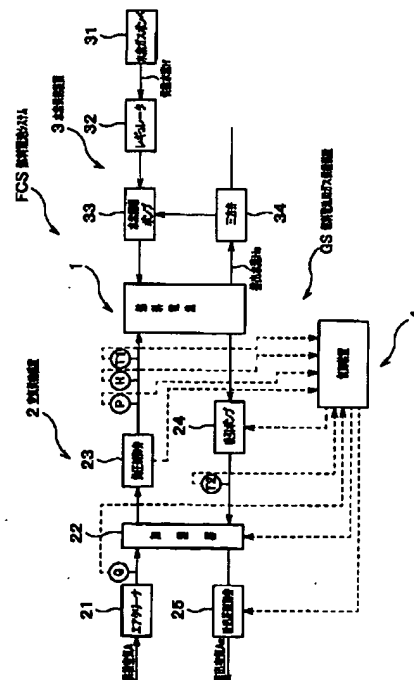
DD03 MM04

(54)【発明の名称】 燃料電池用ガス供給装置

(57)【要約】

【課題】 制御性がよく、必要とする動力も少なく、また生成水の排出を少ない動力で行うことのできる燃料電池用ガス供給装置を提供すること。

【解決手段】 燃料電池1に供給される供給空気Aを吸引する吸引ポンプ(ガス吸引手段)24を燃料電池1の下流に備えると共に、供給空気Aの圧力を制御する負圧制御弁(圧力制御手段)23を燃料電池1の上流に備えた燃料電池用ガス供給装置GSとした。また、負圧制御弁23は、燃料電池1の目標発電量に応じて制御される。さらに、負圧制御弁23は、燃料電池1のセル電圧が所定電圧未満になったときは、供給ガスAの圧力を下げるように制御される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 燃料電池に供給される供給ガスを吸引するガス吸引手段を前記燃料電池の下流に備えると共に、前記供給ガスの圧力を制御する圧力制御手段を前記燃料電池の上流に備えたことを特徴とする燃料電池用ガス供給装置。

【請求項2】 前記圧力制御手段は、前記燃料電池の目標発電量に応じて制御される構成を有することを特徴とする請求項1に記載の燃料電池用ガス供給装置。

【請求項3】 前記圧力制御手段は、前記燃料電池のセル電圧が所定電圧未満になったときは、前記供給ガスの圧力を下げるように制御される構成を有することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の燃料電池用ガス供給装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池用ガス供給装置に関し、殊に消費電力を低減すると共に生成水の排出を容易にして燃料電池を適切な状態で運転することのできる燃料電池用ガス供給装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、電気自動車の動力源などとして、クリーンでエネルギー効率の優れた燃料電池（固体高分子型燃料電池）が注目されている。この燃料電池は、燃料ガス（水素）及び酸化剤ガス（空気）が供給され、電気化学的に発電する。燃料電池にガスを供給する燃料電池用ガス供給装置としては、燃料電池が発電する電力を動力源とする空気圧縮機を燃料電池の上流に備えて、この空気圧縮機により、供給空気を燃料電池に圧送する形式のものが利用されている。また、例えば特開平8-167422号公報には、燃料電池の上流に空気コンプレッサを備え、燃料電池の下流に圧力調整弁を備えた空気系（燃料電池用ガス供給装置）の燃料電池が開示されている。また、燃料電池は、電気化学的反応により水を生成するが、生成した水（以下「生成水」という）が燃料電池の内部に溜まると発電を阻害する。このため、従来は、燃料電池用ガス供給装置における燃料電池の上流に備えた空気圧縮機から供給空気を圧送し、供給空気に同伴して生成水を燃料電池から排出していた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、供給空気を圧送する燃料電池用ガス供給装置の場合、燃料電池における圧力損失が大きく、無駄な電力を空気圧縮機の動力として消費してしまうという問題がある。また、生成水は、燃料電池における電気化学的反応が盛んに行われる供給空気の流量が多いときに多く生成される。一方で、供給空気の流量が多いときは、燃料電池における圧力損失も大きい。このため、生成水の排出に多くの動力（電力）を必要とし、生成水の排出を容易に行うことができないという問題がある。

【0004】そこで、本発明は、前記した課題に鑑み、消費電力が少なく、かつ生成水の排出を容易に行うことができ、もって適切な状態で燃料電池の運転を可能とする燃料電池用ガス供給装置を提供することを課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決した本発明のうち請求項1に記載の燃料電池用ガス供給装置は、燃料電池に供給される供給ガスを吸引するガス吸引手段を前記燃料電池の下流に備えると共に、前記供給ガスの圧力を制御する圧力制御手段を前記燃料電池の上流に備えた構成を有する。この構成によれば、燃料電池は大気圧以下の負圧で運転される。このため、圧力損失が供給空気を圧送する場合に比べて少なくなる。併せて、負圧であるため、生成水がストローで吸い出されるかのごとく容易に排出される。同時に、負圧により生成水の蒸発が促進される。さらに、供給空気を圧送する場合と吸引する場合とで、供給空気の流量が同じとすれば、供給空気を吸引する方が（負圧にする方が）供給空気の流速が速くなり、もって生成水の蒸発速度を速めることができる。また、この構成によれば、圧力制御（負圧制御）は、燃料電池の下流に備えたガス吸引手段及び燃料電池の上流に備えた圧力制御手段の双方により行うことができる。このため、ガス吸引手段だけで負圧を制御するのに比べて、制御性がよくなると共に負圧を高めるための動力を低減することができる。

【0006】また、請求項2に記載の燃料電池用ガス供給装置は、前記圧力制御手段が、前記燃料電池の目標発電量に応じて制御される構成を有する。この構成では、例えば、目標発電量が大きくなると負圧を大きくするように圧力制御手段が制御される。これによれば、発電が盛んに行われ、電気化学的反応による生成水が多くなる高目標発電量帯域で負圧が大きくなる。このため、生成水が燃料電池の内部に溜まり難くなる。なお、実発電量、供給ガスの流量や圧力などは、目標発電量と相関性のあるパラメータである。したがって、「目標発電量に応じて」とは、「実発電量、供給ガスの流量や圧力など、目標発電量と相関性のあるパラメータに応じて」という意味であり、狭く解釈されるものではない。

【0007】そして、請求項3に記載の燃料電池用ガス供給装置は、前記圧力制御手段が、前記燃料電池のセル電圧が所定電圧未満になったときは、前記供給ガスの圧力を下げるように制御される構成を有する。セル電圧の低下の主たる原因は、生成水が燃料電池の内部に溜まることである。この構成によれば、セル電圧が低下した際に負圧を大きくするので、溜まった生成水が負圧で吸い出され（排出され）、セル電圧を回復することができる。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の燃料

電池用ガス供給装置を、図面を参照して詳細に説明する。図1は本実施形態の燃料電池用ガス供給装置を含む燃料電池システムの全体構成図であり、図2は燃料電池の構成を模式化した説明図であり、図3は本実施形態で使われる空気流量-目標弁開度マップである。

【0009】図1に示す燃料電池システムFCSは、燃料電池1、空気供給装置2、水素供給装置3、及び制御装置4などから構成される燃料電池1を中核とした発電システムである。なお、燃料電池用ガス供給装置GSは、空気供給装置2及び制御装置4から構成される。ちなみに、この燃料電池システムFCSは、燃料電池電気自動車に搭載されるものとする。

【0010】先ず、図2に示すように、燃料電池1は、電解質膜1cを挟んでカソード極側（酸素極側）とアノード極側（水素極側）とに分けられ、それぞれの側に白金系の触媒を含んだ電極が設けられ、カソード電極1b及びアノード電極1dを形成している。電解質膜1cとしては固体高分子膜、例えばプロトン交換膜であるパーフロロカーボンスルホン酸膜が使われる。この電解質膜1cは、固体高分子中にプロトン交換基を多数持ち、飽和含水することにより低い比抵抗を示し、プロトン導性電解質として機能する。なお、カソード電極1bに含まれる触媒は酸素から酸素イオンを生成する触媒であり、アノード電極1dに含まれる触媒は水素からプロトンを生成する触媒である。

【0011】また、カソード電極1bの外側にはカソード電極1bに酸化剤ガスとしての供給空気Aを通流するカソード極側ガス通路1aが設けられ、アノード電極1dの外側にはアノード電極1dに燃料ガスとしての供給水素Hを通流するアノード極側ガス通路1eが設けられている。カソード極側ガス通路1aの入口及び出口は空気供給装置2に接続され、アノード極側ガス通路1eの入口及び出口は水素供給装置3に接続されている。なお、この図2における燃料電池1は、その構成を模式化して1枚の単セルとして表現してあるが、実際の燃料電池1は、単セルを200枚程度積層した積層体として構成される。また、燃料電池1は、発電の際に電気化学的反応により発熱するため、燃料電池1を冷却する図示しない冷却装置を有する。

【0012】この燃料電池1は、カソード極側ガス通路1aに供給空気Aが通流され、アノード極側ガス通路1eに供給水素Hが供給されると、アノード電極1dで水素が触媒作用でイオン化してプロトンが生成し、生成したプロトンは、電解質膜1c中を移動してカソード電極1bに到達する。そして、カソード電極1bに到達したプロトンは、触媒の存在下、供給空気Aの酸素から生成した酸素イオンと直ちに反応して水を生成する。生成した水（生成水）及び未使用の酸素を含む供給空気Aは、排出空気Aeとして燃料電池1のカソード極側の出口から排出される。また、アノード電極1dでは水素がイオ

ン化する際に電子 e^- が生成するが、この生成した電子 e^- は、モータなどの外部負荷Mを経由してカソード電極1bに達する。

【0013】次に、図1に示すように、燃料電池用ガス供給装置GSの空気供給装置2は、エアクリーナ21、加湿器22、負圧制御弁23、吸引ポンプ24、吐出圧制御弁25、流量センサQ、温度センサT1、T2、湿度センサH、圧力センサPなどから構成される。

【0014】エアクリーナ21は、フィルターなどから構成され、燃料電池1のカソード極側に供給される空気（供給空気A）をろ過して、供給空気Aに含まれるごみを取り除く。

【0015】加湿器22は、中空糸膜を使用した水透過膜型加湿器である。中空糸膜は、中空通路を有する直径1～2mm、長さ数十cmの中空繊維である。加湿器22は、中空糸膜を数千本束ねてそれぞれ中空容器に収容した2本の中空糸膜モジュール、この2本の中空糸膜モジュールを並列に接続する配管、供給空気Aの流量や湿度に応じて2本の中空糸膜モジュールを切り替えて使用するための電磁弁や電磁弁コントローラなどの切替手段などから構成される（以上図示外）。なお、電磁弁コントローラは、制御装置4に含まれるものとする。

【0016】中空糸膜を使用したこの加湿器22は、供給空気Aに排出空気Aeが保有する熱を交換する熱交換器の役割を有する。ちなみに、燃料電池1は、80～90℃程度の温度で運転される。このため、供給空気Aは、60～75℃に温度制御されて燃料電池1に導入される。なお、本実施形態では専用の熱交換器を有しないが、専用の熱交換器を有する構成としてもよい。

【0017】負圧制御弁（圧力制御手段）23は、図示しないバタフライ弁及びこれを駆動するステッピングモータなどから構成され、燃料電池1の内部の圧力（負圧）を、該負圧制御弁23の弁開度を減少・増加することにより制御する。ちなみに、負圧制御弁23の弁開度を減少すると燃料電池1の負圧が大きくなる（絶対圧が小さくなる）。また、負圧制御弁23の弁開度を増加すると燃料電池1の負圧が小さくなる（絶対圧が大きくなり大気圧に近づく）。この燃料電池1の負圧の制御については、後述する。

【0018】吸引ポンプ（ガス吸引手段）24は、図示しないスーパーチャージャ及びこれを駆動するモータなどから構成され、燃料電池1で酸化剤ガスとして使用された後の供給空気A、つまり燃料電池1のカソード極側から排出される排出空気Aeを吸引し、圧縮して後段の加湿器22に送出する。この吸引ポンプ24は、供給空気Aを吸引することにより、燃料電池1を負圧（大気圧以下の圧力）で運転する役割を有する。また、吸引ポンプ24は、排出空気Aeを断熱圧縮することにより排出空気Aeの温度を高め、排出空気Aeを、供給空気Aを加熱するための熱源（熱媒体）とする役割を有する。な

お、この吸引ポンプ24は、負圧制御弁23の弁開度が一定の場合、モータの回転速度を速くすることにより、負圧を大きくすることができる。一方、モータの回転速度を遅くすることにより、負圧を小さくすることができる。なお、モータの動力は、燃料電池1が発電する電力（図示しないバッテリーなどに蓄えられた電力）である。

【0019】吐出圧制御弁25は、図示しないバタフライ弁及びこれを駆動するステッピングモータなどから構成され、吸引ポンプ24から吐出される排出空気Aeの圧力（吐出圧）を吐出圧制御弁25の弁開度を減少・増加することにより制御する。ちなみに、吐出圧制御弁25の弁開度を減少すると吸引ポンプ24の吐出圧が高まり、これに対応して排出空気Aeの温度上昇幅が増加する。また、吐出圧制御弁25の弁開度を増加すると吸引ポンプ24の吐出圧が低くなり、これに対応して排出空気Aeの温度上昇幅が減少する。

【0020】流量計Qは、差圧流量計などから構成され、エアクリーナ21を通流した後の供給空気Aの流量を検出し、検出信号を制御装置4に送信する。

【0021】温度センサT1は、サーミスタなどから構成され、燃料電池1のカソード極側の入口における供給空気Aの温度を検出し、検出信号を制御装置4に送信する。

【0022】温度センサT2は、温度センサT1と同様にサーミスタなどから構成され、吸引ポンプ24の出口における排出空気Aeの温度を検出し、検出信号を制御装置4に送信する。

【0023】湿度センサHは、高分子膜系の湿度センサなどから構成され、燃料電池1のカソード極側入口における供給空気Aの温度を検出し、検出信号を制御装置4に送信する。

【0024】圧力センサPは、ブルドン管、ベローズ、ダイヤフラムやストレインゲージなどから構成され、燃料電池1のカソード極側の入口における供給空気Aの圧力を検出し、検出信号を制御装置4に送信する。なお、本実施形態では、圧力センサPが検出した圧力を燃料電池1の負圧として制御を行う。

【0025】図1に示すように、水素供給装置3は、水素ガスボンベ31、レギュレータ32、水素循環ポンプ33、三方弁34などから構成される。

【0026】水素ガスボンベ31は、図示しない高圧水素容器から構成され、燃料電池1のアノード極側に導入される供給水素Hを貯蔵する。貯蔵する供給水素Hは純水素であり、圧力は15~20MPa（150~200kg/cm²G）である。なお、水素ガスボンベ31は、水素吸蔵合金を内蔵し1MPa（10kg/cm²G）程度の圧力で水素を貯蔵する水素吸蔵合金タイプである場合もある。

【0027】レギュレータ32は、図示しないダイヤフラムや圧力調整バネなどから構成され、高圧で貯蔵され

た供給水素Hを所定の圧力まで減圧させ、一定圧力で使用できるようにする圧力制御弁である。このレギュレータ32は、ダイヤフラムに inputsする基準圧を大気圧にすると、水素ガスボンベ31に貯蔵された供給水素Hの圧力を大気圧近辺にまで減圧することができる。また、ダイヤフラムに inputsする基準圧を負圧で運転している空気供給装置2の負圧部分の圧力にすると、水素ガスボンベ31に貯蔵された供給水素Hの圧力を当該負圧部分の圧力近辺にまで減圧することができる。ちなみに、水素供給装置3を大気圧以下の負圧で運転することにより、通流する水素が外部に漏洩するのを防止することができるので、燃費が向上する。

【0028】水素循環ポンプ33は、図示しないエジェクタなどから構成され、燃料電池1のアノード極側に向かう供給水素Hの流れを利用して、燃料電池1で燃料ガスとして使用された後の供給水素H、つまり燃料電池1のアノード極側から排出され三方弁34を通流する排出水素Heを吸引し循環させる。なお、排出水素を循環使用するのは、供給水素Hが、水素ガスボンベ31に貯蔵されている純水素だからである。

【0029】三方弁34は、図示しない流路切替器から構成され、排出水素Heの流路を切り替えて、排出位置、循環位置にする。三方弁34を排出位置にした場合には、排出水素Heは水素供給装置3の系外に排出される。また、三方弁34を循環位置にした場合には、排出水素Heは水素循環ポンプ33に導かれる。

【0030】次に、燃料電池用ガス供給装置GSの制御装置4は、図示しないCPU、メモリ、入出力インタフェース、A/D変換器、バスなどから構成され、燃料電池システムFCSを統括的に制御すると共に、燃料電池1に供給する供給空気Aの流量、温度、湿度、そして燃料電池1の負圧を制御する。制御装置4は、前記のとおり各センサQ、T1、T2、H、Pからの検出信号を受信する。また、制御装置4は、加湿器22、負圧制御弁23、吸引ポンプ24、吐出圧制御弁25に対する制御信号を送信する。以下、供給空気Aの流量、温度、湿度、及び負圧制御の基本的な部分を説明する。

【0031】（1）流量制御

制御装置4は、図示しないアクセルペダルなどの出力調整手段からの出力要求信号に基づいて、目標発電量をマップなどにより決定する。また、この目標発電量から必要とする供給空気Aの目標流量をマップなどにより決定する。そして、目標流量が増加したときは、吸引ポンプ24のモータの回転速度を速くするように制御信号を生成し、吸引ポンプ24に送信する。一方、制御装置4は、目標流量が減少したときは、吸引ポンプ24のモータの回転速度を遅くするように制御信号を生成し、吸引ポンプ24に送信する。この際、流量センサQの検出信号と目標流量の偏差がゼロになるようにフィードバック制御が行われる。

【0032】(2) 温度制御

制御装置4は、燃料電池1のカソード極側入口に供給される供給空気Aの温度が60℃(下限温度)～75(上限温度)℃の目標温度になるように、温度センサT1からの検出信号に基づいて、吐出圧制御弁25の弁開度をステッピングモータにより制御する。具体的には、制御装置4は、目標温度よりも供給空気Aの温度が上昇したとき(上昇しそうになったとき)は、吐出圧制御弁25の弁開度が増加するようにステッピングモータを駆動する制御信号を生成し、吐出圧制御弁25に送信する。これにより、吸引ポンプ24の吐出圧が低くなり、排出空気Aeの温度が低下する。そして、加湿器22での熱交換量が減り、供給空気Aの温度が低下する。一方、制御装置4は、目標温度よりも供給空気Aの温度が低下したとき(低下しそうになったとき)は、吐出圧制御弁25の弁開度が減少するようにステッピングモータを駆動する制御信号を生成し、吐出圧制御弁25に送信する。これにより、吸引ポンプ24の吐出圧が高くなり排出空気Aeの温度が上昇する。そして、加湿器22での熱交換量が増し、供給空気Aの温度が上昇する。この際、温度センサT1の検出信号と目標温度の偏差がゼロになるようにフィードバック制御が行われる。なお、吸引ポンプ24は、吐出圧制御弁25の弁開度にかかわらず、目標流量の供給空気Aを燃料電池1に供給すべく動作する。

【0033】ちなみに、フェイルアンドセーフ機構として、制御装置4は、温度センサT2の検出信号が所定値以上(150℃以上)になると、吸引ポンプ24などを保護すべく、吐出圧制御弁25の弁開度を増加する制御信号、及び/又は吸引ポンプ24の吐出量を低減する制御信号(モータの回転速度を遅くする制御信号)を生成し送信する。これにより、吸引ポンプ24の吐出側の温度が下がり、吸引ポンプ24などが熱から保護される。

【0034】(3) 湿度制御

制御装置4は、燃料電池1のカソード極側入口に供給される供給空気Aの湿度が目標湿度範囲になるように、湿度センサHからの検出信号に基づいて、中空糸膜モジュールを切替手段により切り替える。具体的には、制御装置4は、中空糸膜モジュールを1本だけ使用している場合に、目標湿度よりも供給空気Aの湿度が低下したとき(低下しそうになったとき)は、空気流量を参照し、空気流量が多ければ、中空糸膜モジュールを2本使用するように、切替手段に制御信号を送信する。これにより、中空糸膜モジュール内における供給空気A及び排出空気Aeの流速が適切なものになり、両気体A、Ae間の水分交換が促進され、供給空気Aの湿度が上昇する。一方、制御装置4は、中空糸膜モジュールを2本とも使用している場合に、目標湿度よりも供給空気Aの湿度が低下したときは(低下しそうになったときは)、空気流量を参照し、空気流量が少なければ、中空糸膜モジュールを1本だけ使用するように、切替手段に制御信号を送信

する。これにより、中空糸膜モジュール内における供給空気A及び排出空気Aeの流速が適切なものになり、両気体A、Ae間の水分交換が促進され、供給空気Aの湿度が上昇する。なお、供給空気Aの湿度が目標湿度よりも高くなったとき(高くなりそうになったとき)は、前記とは逆の制御を行う。

【0035】(4) 負圧制御

制御装置4は、図3に示す空気流量-目標弁開度マップ(太い1本の段階的に変化するライン)に基づいて、通常運転時(通常制御時)の燃料電池1の負圧を制御する。まず、この図3のマップを説明する。この空気流量-目標弁開度マップは、燃料電池1の負圧を、供給空気Aの流量(以下「空気流量」という)が少ない帯域では小さく、空気流量が中程度の帯域では中程度に、空気流量が多い帯域では大きくするためのマップである。ちなみに、マップに示してある3本の細いラインのうち、下のラインは、空気流量と弁開度から90kPaの圧力(絶対圧、以下同じ)を得る参考ラインである。同様に、真中のラインは80kPaの圧力を得る参考ラインである。同様に、上のラインは70kPaの圧力を得る参考ラインである(標準大気圧は100.1kPa)。したがって、このマップから、本実施形態の燃料電池1は、空気流量が少ない帯域では90kPaで、空気流量が中程度の帯域では80kPaで、空気流量が多い帯域では70kPaで運転される。つまり、空気流量が多くなるに連れて負圧制御弁23により負圧を大きくする構成を有する。

【0036】このように、空気流量が多くなると負圧を大きくするのは、空気流量が多くなると、燃料電池1の発電量が大きくなって生成水の量が多くなり、燃料電池1の内部に溜まり易くなるからである(生成水が燃料電池1の内部に溜まると発電を阻害する)。このため、空気流量が多いほど負圧を大きくして、生成水の排出を促す。空気流量は、前記のとおり目標発電量に応じて多くなるようにしてある。

【0037】なお、通常運転時(通常制御時)の負圧制御は、制御装置4が、空気流量をアドレスとしてマップを検索し、負圧制御弁23の目標弁開度を決定することにより行う。制御装置4は、目標弁開度に応じた負圧制御弁23の弁開度を得るべく制御信号を生成し、負圧制御弁23のステッピングモータを駆動する。これにより、目標弁開度を実行して、空気流量に応じた所定の負圧を得る。

【0038】次に、図4の負圧制御フローチャートを参照して、負圧制御をより具体的に説明する(適宜図1から図3を参照)。この負圧制御は、燃料電池1のセル電圧が低下した場合に負圧を大きくして生成水の排出を促し、セル電圧の回復を行うものである。なお、セル電圧の検出は、図示しないセル電圧センサにより行われる。

【0039】(1) 通常制御

通常制御時、制御装置4は、燃料電池1の目標発電量から空気流量を決定する(S1)。具体的には、吸引ポンプ24の(モータの)回転速度を決定し、該回転速度により吸引ポンプ24を運転する。また、制御装置4は、流量センサQの検出値を読み込み(S2)、図3の空気流量-目標弁開度マップから負圧制御弁23の目標弁開度を決定し運転を行う(S3)。また、燃料電池1のセル電圧が下限電圧以下か否かを判断し(S4)、下限電圧を超えているならば生成水が溜まっていないので、ステップS1に戻り、通常制御を行う。これにより燃料電池1は、図3のマップに基づいて、空気流量が多くなると負圧が大きくなるように運転される。

【0040】(2) 負圧増加制御

一方、ステップS4において、セル電圧が下限電圧以下になると、制御装置4は、燃料電池1の内部に生成水が溜まったものと判断し、負圧制御弁23を1deg閉め(S5)、所定時間その状態を保持する(S6)。所定時間は、ここでは数秒以下の短い時間である。なお、負圧制御弁23を1deg閉めたことにより空気流量が低減する場合は、吸引ポンプ24のモータの回転速度を増して空気流量を一定にする制御を行う(S7)。これら動作により、燃料電池1の負圧が大きくなり、生成水の排出が促される。なお、この動作中にスロットルペダルなどが踏み込まれて目標発電量が増加すると、空気流量を増加する制御をステップS7で行う。逆に、スロットルペダルの踏み込みが解放されるなどして目標発電量が低減した場合は、生成水の排出を容易にするため、ステップS7では、空気流量を低減する制御は行わない。ちなみに、燃料電池1の内部に生成水が溜まり易いのは、前記したとおり燃料電池1の発電量が多い場合である(空気流量も多い)。

【0041】そして、制御装置4は、燃料電池1のセル電圧Vが復帰電圧未満か否かを判断する(S8)。セル電圧が復帰電圧以上になっていれば、溜まっていた生成水が排出され問題が解消したと判断できるので、ステップS1に戻り通常制御を行う。なお、復帰とは、負圧増加制御から通常制御に、制御の状態が切り替わることを意味する。本実施形態では、主として負圧制御弁23により負圧制御を行うので、生成水を排出するための吸引ポンプ24の動力を大幅に削減することができる。この点、真空ポンプ(吸引ポンプ)だけで負圧を大きくするのは異なる。また、従来技術のごとく、空気圧縮機により供給空気を圧送することで生成水を排出するのとも異なる。なお、空気流量が一定の場合、負圧が大きくなると生成水の排出が促進されるのは、前記のとおり、負圧による吸引力が強くなること(ストローで液体を吸引するのと同じ原理)、圧力の低下により蒸発が促進されること、供給空気の流速の上昇により蒸発が促進されること、という理由による。

【0042】説明を負圧制御フローチャートに戻す。ス

テップS8において、セル電圧が復帰電圧未満の場合は、負圧制御弁23の弁開度が許容下限弁開度になっているか否かを判断し(S9)、許容下限弁開度以上であればステップS5に戻って、負圧制御弁23を1degずつ閉めて、徐々に負圧を大きくする負圧増加制御を継続する。これにより、負圧が大きくなり、生成水の排出が促進される。

【0043】(3) 退避制御

ステップS9において、負圧制御弁23の弁開度が許容下限弁開度になると、以下の退避制御を行う。ちなみに、負圧制御弁23の許容下限弁開度は、弁が全閉の状態ではなく、供給空気Aが該負圧制御弁23の制限を受けながら通流している。この許容下限弁開度は、カソード極側とアノード極側の極間差圧などを考慮して定められる。なお、空気流量は、ステップS7で決定された供給空気Aの流量のままになっている。この退避制御では、アクセルペダルが踏み込まれた場合は、燃料電池1の発電量を上回る電力は、バッテリーなどのエネルギーバッファから持ち出されてモータなどに供給される。

【0044】退避制御では、負圧制御弁23の弁開度が許容下限弁開度になると、ドライバに警告を表示すると共に、タイマを作動し、所定時間その状態を保持する(S10, S11, S12)。そして、タイマの制限時間を経過したか否かを判断する(S13)。制限時間を経過していない場合は、セル電圧が復帰電圧未満か否かを判断する(S14)。復帰電圧以上になっていれば、溜まっていた生成水が排出され、問題が解消したと判断できるので、警告を解除すると共に、タイマを0に戻してこれを停止し(S18, S19)、ステップS1に移行して通常制御を行う。なお、状態を保持する所定時間は、例えば数秒以下の短い時間である。また、タイマの制限時間は所定時間よりも長い任意の時間である。

【0045】一方、ステップS14において、セル電圧が復帰電圧未満の場合は、セル電圧が下限電圧以下か否かを判断し(S15)、下限電圧以下であればステップS12に移行し、タイマの制限時間を経過したか否かを判断する(S13)。制限時間を経過していれば、復帰する見込みがないとして燃料電池システムFCSを停止し(S17)、制御を終了する(自動車を停止するようにする)。制限時間を経過していない場合は、ステップS14に移行し退避制御を継続する。

【0046】また、ステップS15において、セル電圧が下限電圧を超えていれば、復帰電圧には満たないものの、燃料電池システムFCSの運転を継続するのに大きな支障がないと判断できるので、タイマを0に戻すと共に該タイマの再作動を行い(S16)、さらにステップS12に移行し退避制御を継続する。なお、下限電圧と復帰電圧とで差(ヒステリシス)が設けられているのは、制御を安定させるためである。

【0047】続いて、図5の制御タイムチャートを参照

して、図4の負圧制御フローチャートをさらに具体的に説明する(図1から図4を適宜参照)。図5は、図4の負圧制御フローチャートを実行した制御タイムチャートである。なお、図5の太い線はセル電圧Vを示し、細い線は負圧制御弁23の弁開度を示す。

【0048】(パターンa) 下限電圧以下になったセル電圧Vが、復帰電圧以上に回復するパターンaを、図5(a)を参照して説明する。通常制御時、燃料電池1の内部に生成水が溜まり、セル電圧Vが低下する。セル電圧Vが下限電圧以下になると(a1)、負圧制御弁23を段階的に閉め、負圧を段階的に増加して行く負圧増加制御を行う(図4のS5~S9)。すると、大きくなった負圧により生成水が排出され、セル電圧Vが回復して行く。セル電圧Vが復帰電圧にまで回復すると(a2)、制御状態が通常制御に復帰する(図4のS8)。制御状態が通常制御に復帰すると、負圧制御弁23は図3のマップに基づいて制御される。なお、パターンaでは、負圧制御弁23の弁開度は、許容下限弁開度までには至っていない。

【0049】(パターンb) 下限電圧以下になったセル電圧Vが、下限電圧以上で復帰電圧未満に回復するパターンbを、図5(b)を参照して説明する。通常制御時、燃料電池1の内部に生成水が溜まり、セル電圧Vが低下する。セル電圧Vが下限電圧以下になると(b1)、負圧制御弁23を段階的に閉め、負圧を段階的に増加して行く負圧増加制御を行う(図4のS5~S9)。パターンbでは、負圧制御弁23は、許容下限弁開度まで弁開度が閉じられる(b2)。これにより、セル電圧Vが回復し始める。しかし、b2の時点でもセル電圧Vは復帰電圧まで回復していないので、今度は、退避制御を行う(図4のS10~)。退避制御では、負圧制御弁23を許容下限弁開度に保ったまま、セル電圧Vの回復を待つ。これにより、セル電圧Vが下限電圧を超えるまでに回復する(b3)。但し、セル電圧Vが復帰電圧以上にまでは回復していないので、タイマを0に戻しつつ運転を継続する(図4のS16など)。なお、図5(b)には示さないが、セル電圧Vが復帰電圧以上にまで回復すると、生成水が完全に排出されたと判断できるので、通常制御に復帰する(図4のS14, 18, 19)。

【0050】(パターンc) 下限電圧以下になったセル電圧Vが下限電圧にまでも回復しないパターンcを、図5(c)を参照して説明する。通常制御時、燃料電池1の内部に生成水が溜まり、セル電圧Vが低下する。セル電圧Vが下限電圧以下になると(c1)、負圧制御弁23を段階的に閉め、負圧を段階的に増加して行く負圧増加制御を行う(図4のS5~S9)。パターンcでは、負圧制御弁23は、許容下限弁開度まで弁開度が閉じられる(c2)。しかし、この時点でもセル電圧Vは、復帰電圧まで回復していないので、退避制御を行う(図4

のS10~)。退避制御では、負圧制御弁23を許容下限弁開度に保ったまま、セル電圧Vの回復を待つ。しかし、セル電圧Vが下限電圧を超えるまでに回復しないので、タイマによる制限時間が経過し(c3)、異常があるものとして燃料電池システムFCSを停止する(図4のS13, S17)。

【0051】このように、本実施形態の燃料電池用ガス供給装置は、セル電圧が低下すると負圧を大きくし、生成水の排出を促してセル電圧を回復させる。この際、負圧を大きくするのは、主として負圧制御弁により行うので、吸引ポンプのみによって負圧を大きくするのとは異なり、動力(消費電力)を少なくすることができる。当然、従来技術のように供給空気を圧送する場合に比べて、圧力損失が小さいので、その分、動力(消費電力)を低減することができる。また、既に説明したように生成水の排出も容易である。一方、通常制御においても、燃料電池に生成水が多く生成する発電量が多い帯域(空気量が多い帯域)で負圧を大きくして生成水の排出を促し、円滑な燃料電池システムの運転を行う。この際も、負圧の増加は、圧力制御弁により行われるので、そのときの発電量に応じた適切な空気量が確保され、吸引ポンプの動力に無駄を生じない。

【0052】なお、本発明は、前記した実施の形態に限定されることなく、幅広く変形実施することができる。例えば、燃料電池は、固体高分子型のものに限定されることなく、他の型式の燃料電池にも、本発明の燃料電池用ガス供給装置を適用することができる。また、水素供給装置は、水素タンクから燃料電池に水素を供給する構成としたが、メタノールなどの液体原料を改質器により改質して水素リッチな燃料ガスを製造し、これを燃料電池に供給する構成としてもよい。また、排出水素を循環使用する・しないにかかわらず、本発明を水素供給装置側に適用してもよい。また、加湿器は、2流体ノズルなどを使用したものでも、超音波を利用したものでもよい。また、加湿器の水透過膜も中空糸膜に限定されることはない。また、吸引ポンプもスーパーチャージャやターボチャージャのようにタービンを回転させるものではなく、レシプロ式のものでもよい。さらに、図4の負圧制御フローチャートにおいて、負圧制御弁を許容下限弁開度まで絞ってもセル電圧が回復しない場合は、空気流量を増加する制御を併せて行ってもよい。かかる変更実施も、本発明の技術的範囲に属するのはいうまでもない。

【0053】

【発明の効果】以上説明した本発明のうち請求項1に記載の発明によれば、供給空気を圧送する場合に比べて圧力損失が少なくなり、消費電力(動力)を低減することができる。また、生成水の排出が容易になる。加えて、負圧をガス吸引手段と圧力制御の双方により制御するので、ガス吸引手段だけで負圧を制御するのとは異なり、制

御性がよくなると共に消費電力（動力）を低減することができる。したがって、燃料電池を適切な状態で運転することが可能になる。また、請求項2に記載の発明によれば、目標発電量に応じて負圧を大きくすることで、生成水が燃料電池の内部に溜まり難くなる。したがって、燃料電池を適切な状態で運転することが可能になる。そして、請求項3に記載の発明によれば、セル電圧が低下した際、つまり燃料電池の内部に生成水が溜まった際に、生成水の排出を一層積極的に行うことができる。したがって、燃料電池を適切な状態で運転することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本実施形態の燃料電池用ガス供給装置を含む燃料電池システムの全体構成図である。

【図2】 図1の燃料電池の構成を模式化した説明図である。

【図3】 本実施形態で使われる空気流量-目標弁開度マップである。

【図4】 本実施形態の負圧制御を行う際の負圧制御フローチャートである。

【図5】 図4の負圧制御フローチャートを実行した制御タイムチャートであって、(a)は下限電圧以下になったセル電圧が復帰電圧以上に回復するパターンaを、(b)は下限電圧以下になったセル電圧が下限電圧以上で復帰電圧未満に回復するパターンbを、(c)は下限電圧以下になったセル電圧が下限電圧までにも回復しないパターンcをそれぞれ示す。

【符号の説明】

GS … 燃料電池用ガス供給装置

FCS … 燃料電池システム

A … 供給空気（供給ガス）

Ae … 排出空気（排出ガス）

1 … 燃料電池

2 … 空気供給装置

22 … 加湿器（熱交換器を兼ねる）

23 … 負圧制御弁（圧力制御手段）

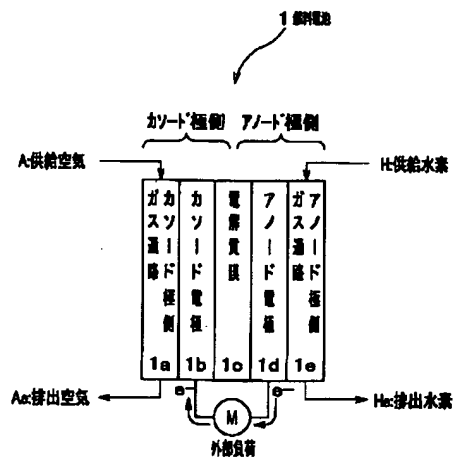
24 … 吸引ポンプ（ガス吸引手段）

25 … 吐出圧制御弁

3 … 水素供給装置

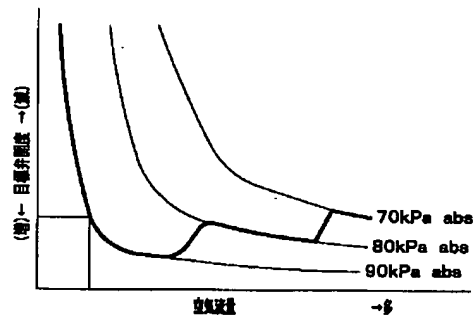
20 4 … 制御装置

【図2】

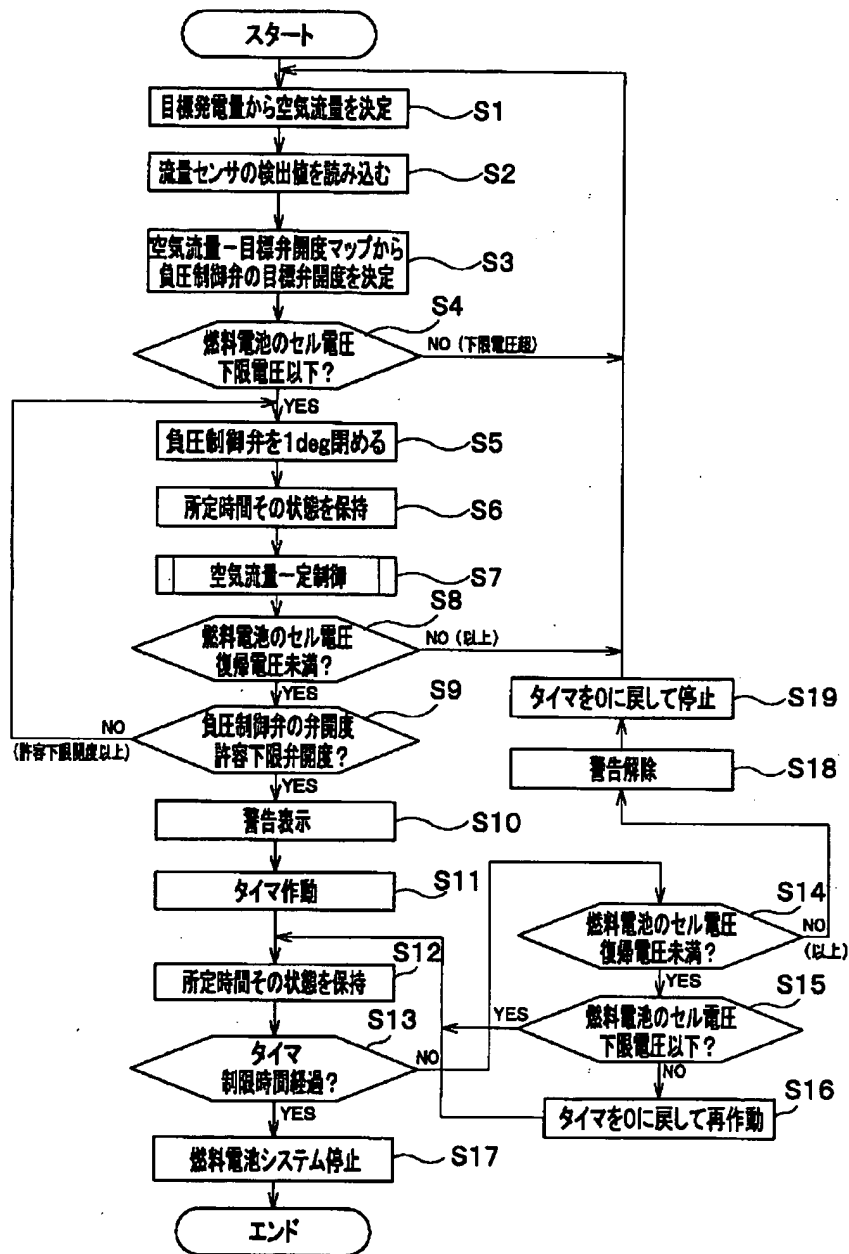


【図3】

空気流量-目標弁開度マップ



【図4】



【図5】

